

Rec'd PCT/PTO 02 JUN 2005 2004/012467 PCT

31. 8. 2004

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

10/537611

REC'D 24 SEP 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 8 月 2 9 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 0 8 1 1 7  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 0 8 1 1 7]

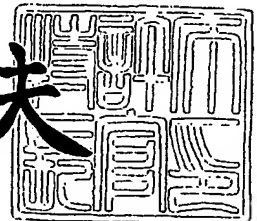
出 願 人  
Applicant(s): 日 本 電 気 株 式 有 限 公 司

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 5 月 1 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 4 0 5 4 3

【書類名】 特許願  
【整理番号】 33409970  
【提出日】 平成15年 8月29日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01S 3/18  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 倉本 大  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 笹岡 千秋  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 松館 政茂  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004237  
    【氏名又は名称】 日本電気株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100110928  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 速水 進治  
    【電話番号】 03-5784-4637  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 138392  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0110433

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

III族窒化物半導体基板と、  
該III族窒化物半導体基板の上部に形成されたマスクと、  
該マスクの上部に形成された半導体多層膜と、  
を備え、  
前記マスクの表面に多結晶材料が堆積していることを特徴とする窒化物半導体基板。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の窒化物半導体基板において、  
前記多結晶材料は、アルミニウムおよび窒素を必須元素として含む物質からなることを特徴とする窒化物半導体基板。

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 に記載の窒化物半導体基板において、  
前記多結晶材料の形成された前記マスクの表面に、空隙部を有することを特徴とする窒化物半導体基板。

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至 3 いずれかに記載の窒化物半導体基板において、  
前記マスクが前記III族窒化物半導体基板の表面に設けられたことを特徴とする窒化物半導体基板。

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至 4 いずれかに記載の窒化物半導体基板において、  
前記III族窒化物半導体基板の表面付近の転位密度が  $1 \times 10^7$  個以下であることを特徴とする窒化物半導体基板。

**【請求項 6】**

III族窒化物半導体基板と、  
該III族窒化物半導体基板の上部に形成されたマスクと、  
該マスクの上部に形成された、活性層を含む半導体多層膜と、  
を備え、  
前記マスクの表面に多結晶材料が堆積していることを特徴とする窒化物半導体素子。

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載の窒化物半導体素子において、  
前記多結晶材料は、アルミニウムおよび窒素を必須元素として含む物質からなることを特徴とする窒化物半導体素子。

**【請求項 8】**

請求項 6 または 7 に記載の窒化物半導体素子において、  
前記多結晶材料の形成された前記マスクの表面に、空隙部を有することを特徴とする窒化物半導体素子。

**【請求項 9】**

請求項 6 乃至 8 いずれかに記載の窒化物半導体素子において、  
前記マスクが前記III族窒化物半導体基板の表面に設けられたことを特徴とする窒化物半導体素子。

**【請求項 10】**

請求項 6 乃至 9 いずれかに記載の窒化物半導体素子において、  
前記III族窒化物半導体基板の表面付近の転位密度が  $1 \times 10^7$  個/cm<sup>2</sup> 以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

**【請求項 11】**

請求項 6 乃至 10 いずれかに記載の窒化物半導体素子において、  
前記マスクが、当該窒化物半導体素子の素子分離面近傍に設けられたことを特徴とする窒化物半導体素子。

**【請求項 12】**

III族窒化物半導体基板上にマスクを形成する工程と、  
前記マスクの表面に多結晶材料を堆積させる工程と、  
該マスクの上部に、活性層を含む半導体多層膜を形成する工程と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の窒化物半導体基板の製造方法において、  
前記マスクの表面に多結晶材料を堆積させる工程は、前記マスクの表面に酸を接触させた後、前記多結晶材料を堆積させる工程を含むことを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 14】

請求項 12 または 13 に記載の窒化物半導体基板の製造方法において、  
前記マスクの表面に前記多結晶材料を堆積させる工程において、前記マスクの表面に空隙部を形成することを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 15】

請求項 12 乃至 14 いずれかに記載の窒化物半導体基板の製造方法において、  
前記マスクを前記III族窒化物半導体基板の表面に設けることを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 16】

請求項 12 乃至 15 いずれかに記載の窒化物半導体基板の製造方法において、  
前記III族窒化物半導体基板の表面付近の転位密度が  $1 \times 10^7$  個以下であることを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 17】

III族窒化物半導体基板上にマスクを形成する工程と、  
前記マスクの表面に多結晶材料を堆積させる工程と、  
該マスクの上部に、活性層を含む半導体多層膜を形成する工程と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の窒化物半導体素子の製造方法において、  
前記マスクの表面に多結晶材料を堆積させる工程は、前記マスクの表面に酸を接触させた後、前記多結晶材料を堆積させる工程を含むことを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 19】

請求項 17 または 18 に記載の窒化物半導体素子の製造方法において、  
前記マスクの表面に前記多結晶材料を堆積させる工程において、前記マスクの表面に空隙部を形成することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 20】

請求項 17 乃至 19 いずれかに記載の窒化物半導体素子の製造方法において、  
前記マスクを前記III族窒化物半導体基板の表面に設けることを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 21】

請求項 17 乃至 20 いずれかに記載の窒化物半導体基板の製造方法において、  
前記III族窒化物半導体基板の表面付近の転位密度が  $1 \times 10^7$  個以下であることを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】窒化物半導体基板および窒化物半導体素子

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体基板および窒化物半導体素子に関する。

【背景技術】

【0002】

窒化物半導体を用いた素子の作製においては、半導体層中の貫通転位の低減が重要となる。こうした貫通転位の低減を図る技術として、特許文献1に記載されているように、マスク材を用いた選択成長を行う方法が知られている。以下、特許文献1記載の方法について図7を参照して説明する。

【0003】

同文献記載の方法では、まず、(0001)面サファイア基板111上に $1.2\mu\text{m}$ 厚のGa<sub>2</sub>N<sub>2</sub>膜112を予め形成した基板を準備する。このGa<sub>2</sub>N<sub>2</sub>膜112表面にSiO<sub>2</sub>膜を200nm形成し、フォトリソグラフィ法とウェットエッチングでマスク114と成長領域113に分離する。成長領域113及びマスク114はそれぞれ $5\mu\text{m}$ 及び $2\mu\text{m}$ 幅のストライプ状に形成されている。ストライプ方向は $\langle 11-20 \rangle$ である(図7(a))。

【0004】

成長領域113に成長するGa<sub>2</sub>N<sub>2</sub>膜115はIII族原料であるガリウム(Ga)と塩化水素(HCl)の反応生成物である塩化ガリウム(GaCl)とV族原料にアンモニア(NH<sub>3</sub>)ガスを用いるハイドライドVPE法を用いる。また、n型ドーパント材料としてジクロルシラン(SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)を用いる。基板111をハイドライドの成長装置にセットし、水素雰囲気中で成長温度1000℃に昇温する。成長温度が安定してから、HCl流量を20cc/分で5分程度供給することで、成長領域113にGa<sub>2</sub>N<sub>2</sub>膜115の{1-101}面からなるファセット構造を成長させる(図7(b))。さらにn型ドーパントであるジクロルシランを流しながら層厚が $140\mu\text{m}$ に達するまで成長を行う(図7(c)、(d)、(e))。この手法によれば、数百ミクロンのGa<sub>2</sub>N<sub>2</sub>膜を成長しても、2インチサイズの全面にクラックなしのウェハが提供される。基板の転位密度も大幅に低減されており、Ga<sub>2</sub>N<sub>2</sub>単層膜112において $10^9$ 個/cm<sup>2</sup>程度あった転位密度は $1 \times 10^7 \sim 2 \times 10^7$ 個/cm<sup>2</sup>程度まで低減できている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記手法を用いて転位密度を低減させても、依然として $1 \times 10^7 \sim 2 \times 10^7$ 個/cm<sup>2</sup>の転位は残留している。 $1 \times 10^7 \sim 2 \times 10^7$ 個/cm<sup>2</sup>の転位密度は、ストライプ幅 $2\mu\text{m}$ 、共振器長 $500\mu\text{m}$ の半導体レーザを考慮すると、1個のLD素子のストライプに100～200個の転位が存在することになる。転位は素子寿命を短くすることが知られており、更に転位を低減する必要がある。

【0006】

本発明は、転位の低減された良好な品質のIII族窒化物半導体層を備えた基板あるいは素子を提供することを目的とする。

【特許文献1】特開平11-251253号公報

【非特許文献1】Sugahara, M. Hao, T. Wang, D. Nakagawa, Y. Naoi, K. Nishino, and S. Sakai, Jpn. J. Appl. Phys. vol. 37, no. 10B, pp. L1195-L1198, October 1998.

【課題を解決するための手段】

【0007】

III族窒化物半導体層の転位を低減するために、図7で示すプロセスで得られた低転位基板を用い、その上に更に同様なマスクパターンを形成して有機金属気相成長法(MOV

PE)で成長を行うことが考えられる。図8はこうした方法により得られる半導体層構造を示す図である。この層構造は、以下のようにして形成することができる。

#### 【0008】

はじめに、図7で記述した基板116を用いて、 $\langle 11-20 \rangle$ 方向に $\text{SiO}_2$ ストライプマスク117を形成する。基板116表面付近の転位密度は $2 \times 10^7$ 個/ $\text{cm}^2$ 程度である。マスク開口部117aの幅は $2 \mu\text{m}$ であり、 $\text{SiO}_2$ マスク領域は $18 \mu\text{m}$ とする。上記マスクを形成したウェハを、MOVPE装置において、SiドープGaNを開口部分117aに形成する。マスク開口部から成長させたGaN層は、その後、横方向成長し、マスクを介して隣接するGaN層と合体（以下この部分を会合部とする）する。

#### 【0009】

こうしてGaN層が平坦化し、n-GaN層118が形成される。その後、n-GaN基板118上にSiドープn型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ （シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $1.2 \mu\text{m}$ ）からなるn型クラッド層119、Siドープn型GaN（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ ）からなるn型光閉じ込め層120を形成する。さらにその上に、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ （厚さ $4 \text{ nm}$ ）井戸層とSiドープ $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ （シリコン濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $6 \text{ nm}$ ）バリア層とからなる多重量子井戸（MQW）層121（井戸数3個）、Mgドープp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなるキャップ層122、Mgドープp型GaN（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ ）からなるp型光閉じ込め層123、Mgドープp型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ （Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.5 \mu\text{m}$ ）からなるp型クラッド層124、Mgドープp型GaN（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ ）からなるp型コンタクト層125を順次成長させて、LD構造を形成する。

#### 【0010】

作製したLD層構造の転位の挙動を調べるために、断面カソードルミネッセンス（CL）像を観察した結果を図9に示した。図9を見ると、基板上に作成した層118及び119以降の層に多数の暗点や暗線が存在していることが分る。CL像においては、例えば、非特許文献1に記述されているように、転位が存在するところは、転位が非発光に寄与するので暗点に見える性質がある。したがって、これらの暗線や暗点は、転位を表していると考えられる。このことから、第2のマスクパターンを用いて選択成長することで、新たな転位が発生していることが分った。この現象は図7における第一のマスクパターンを用いた場合でも起きていると思われるが、第一のマスクパターンの基板における転位密度が非常に高いため、断面CL観察では新たに発生した転位かどうか見分けが付かなかった。

#### 【0011】

図10は、平面CL像であり、図8のサンプルの上側から電子線を当ててInGaN発光像を観察している。図10から、平面CL像では暗線が多数観測されている。これは、InGaNからなるInGaN層121面内に転位が存在することを意味している。実際に透過型電子顕微鏡で図9のサンプルを観察すると、多重量子井戸（MQW）層121以外の層にも層面内方向に転位が存在した。このように、転位が活性層である多重量子井戸層121にも存在することから、図8における層構造を用いた場合、デバイス特性や素子寿命につき、さらなる向上の余地が生じることとなる。

#### 【0012】

以下これら転位の挙動、発生原因について説明する。マスク付近に存在する多くの転位は、基板から引き継がれた転位が横方向成長により曲がってきた転位、マスクと横方向成長した窒化物半導体結晶の界面から発生した転位、横方向成長時に窒化物半導体の成長表面から発生する転位など、多くの発生源が存在すると考えられる。最初の基板から伝播する転位は、基板転位密度に依存するが、それ以外の転位発生やそれら転位がデバイス層構造にまで導入される原因は、マスク材と窒化物半導体結晶の相性や成長中における応力に依存すると考えられる。図8のサンプルにおける $\langle 11-20 \rangle$ 方向の断面TEM観察を行ったところ、マスク材近辺の窒化物半導体において、 $\langle 11-20 \rangle$ 方向に多数の転位が存在する。したがって、マスク上に存在した転位は、マスクによる応力などの影響によ

って、 $\langle 11-20 \rangle$  方向に曲がったと考えられる。一旦  $\langle 11-20 \rangle$  方向に曲がった転位は、基板水平面内に走り、様々なきっかけで、別の水平面内の方向（例えば  $\langle 1-100 \rangle$  方向に等価な方向）へ滑る。これが、図9や断面TEM観察で得られた転位であると考えられる。

#### 【0013】

このように図8のサンプルでは、転位が水平面内に伝播し、活性層である InGaN 層にもそうした転位が導入されることが本発明者の検討により明らかになった。

#### 【0014】

すなわち、

(i) 低転位基板上にマスクを設け、その上にIII族窒化物半導体を成長させた場合、マスク近傍から多くの転位が発生すること、

(ii) このような種類の転位は、転位密度の低い基板を用いたときに顕著に発生することが本発明者の検討により明らかになった。

こうした現象は、転位が  $10^7$  個/cm<sup>2</sup> よりもさらに転位が低減された基板においては、より顕在化する。

#### 【0015】

こうした現象の起こる理由は必ずしも明らかではないが、基板転位密度が高い場合、再成長マスクの周りにも多くの転位が存在しており、この転位が結晶歪を緩和させているのに対し、低転位密度（例えば  $10^7$  個/cm<sup>2</sup> 未満）の基板では、そのような結晶歪の緩和が起きにくいことによるものと考えられる。

#### 【0016】

そうした推察のもと、本発明者は、低転位基板上にIII族窒化物半導体をマスク成長させるとき、マスク上に結晶歪を緩和する作用を有する領域を意図的に形成することが有効であると着想し、本発明の完成に至った。

#### 【0017】

本発明によれば、III族窒化物半導体基板と、該III族窒化物半導体基板の上部に形成されたマスクと、該マスクの上部に形成された半導体多層膜と、を備え、前記マスクの表面に多結晶材料が堆積していることを特徴とする窒化物半導体基板が提供される。

#### 【0018】

また本発明によれば、III族窒化物半導体基板と、該III族窒化物半導体基板の上部に形成されたマスクと、該マスクの上部に形成された、活性層を含む半導体多層膜と、を備え、前記マスクの表面に多結晶材料が堆積していることを特徴とする窒化物半導体素子が提供される。

#### 【0019】

本発明によれば、マスク表面に堆積した多結晶材料の作用により、マスク上で結晶歪が緩和され、この結果、マスク上部に形成される半導体多層膜の結晶品質が良好となる。上記半導体素子においては、多結晶材料が表面に堆積したマスクが活性層の下部に設けられているため、活性層の品質を顕著に向上させることができる。

#### 【0020】

前述したように、本発明者の検討によれば、III族窒化物半導体基板のような比較的転位の少ない基板を用いた場合、基板上のマスク近傍で発生する転位が問題となる。本発明によれば、こうした転位を効果的に低減することができるため、III族窒化物半導体基板を用いる利点を生かしつつ、かかるIII族窒化物半導体基板を用いた場合に特有に生じる課題を有効に解決することができる。

#### 【0021】

本発明におけるIII族窒化物半導体基板は、その表面付近の転位密度を  $1 \times 10^7$  個/cm<sup>2</sup> 以下とすることが好ましい。本発明は、こうした低転位基板上のマスクから半導体層を成長させた場合における特有の課題、すなわち、マスク近傍に新たな転位が発生するという課題を効果的に解決するものであり、上記のような基板を用いた場合、より顕著な効果を奏する。なお、基板の転位密度は、基板表面を薬液処理してエッチピットを形成し

、その密度を測定する方法、基板上に半導体層が形成された構造体の断面を電子顕微鏡で観察する方法、カソードルミネッセンス像を観察する方法等により測定できる。このうち、カソードルミネッセンスによる方法は、測定精度が高く好ましい。

【発明の効果】

【0022】

以上説明したように本発明によれば、転位の低減された良好な品質のIII族窒化物半導体層を備えた基板あるいは素子が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明において、多結晶材料としては種々の物質を採用することができる。たとえば、アルミニウムおよび窒素を必須元素として含む物質とすることができる。たとえば、AlGaN、AlN、InAlGaN等の材料を用いることができる。このような材料を選択した場合、結晶歪を低減するのに好適な構造を実現できる。

【0024】

多結晶材料の形成されたマスクの表面は、空隙部を有する構造とすることが好ましい。こうすることにより、空隙部の作用により、一層効果的に結晶歪を低減できる。

【0025】

本発明において、マスクは、III族窒化物半導体基板の表面に直接、または、半導体層や絶縁層を介して設けることができる。基板表面に直接設けた場合、結晶歪の低減効果がより確実に得られる。

本発明は、表面付近の転位密度が $1 \times 10^7$  個以下であるIII族窒化物半導体基板を用いた場合、より顕著な効果を発揮する。上述のように、本発明は、低転位基板上的マスク近傍から発生する転位を効果的に低減するものである。転位密度が $1 \times 10^7$  個以下の基板では、基板由来の転位は低減するものの、マスク近傍における結晶歪による別の転位の発生が問題となる。かかる問題は、上記のような低転位密度の基板では特に顕著となる。ところ、本発明によれば、こうした問題を有効に解決でき、低転位基板の利点を生かしつつ低転位基板を用いた場合に特有に生じる課題が解決される。

【実施例】

【0026】

以下、本発明を実施例に基づいてさらに詳細に説明する。なお、以下の実施例では、図7で説明したのと類似の方法により、通常より厚いマスクを用いてGaN膜を成長させて得られた基板を用いた。このマスクは、マスク幅 $2 \mu\text{m}$ 、マスク高さ $1.7 \mu\text{m}$ であり、図7の方法で得られるものより表面転位の低い基板を得ることができる。

【0027】

実施例1

本実施例に係る半導体レーザの構造を図1に示す。

この半導体レーザは以下のようにして作製することができる。まず、基板表面付近の転位密度が $9 \times 10^6$  個/ $\text{cm}^2$  のGaN基板1を用いて、SiO<sub>2</sub>膜2をCVD法やプラズマCVD法により堆積する。その後、AlN多結晶3をスパッタリング法により堆積させ、 $\langle 11-20 \rangle$  方向にレジストストライプマスクを形成する。マスク幅は $18 \mu\text{m}$ 、開口幅は $2 \mu\text{m}$ である。

【0028】

ここで、AlN多結晶3を形成するにあたり、以下の処理を行う。

【0029】

(i) SiO<sub>2</sub>膜2を形成後、ブタノン、エタノールで超音波洗浄を行い、純水で洗浄後、バッファードフッ酸で1secエッチングを行い、再び純水で洗浄後、窒素ブローによりウェハを乾燥させる。

【0030】

(ii) その後、スパッタ装置に挿入して、基板温度を $50^\circ\text{C}$ 以上に保ち、AlNスパッタによる堆積を行う。



## 【0031】

次いで、ドライエッチング及びウェットエッチング法により、開口部4で基板表面が露出するようにAlN多結晶3及びSiO<sub>2</sub>膜2をエッチングする。

## 【0032】

つづいて、上記マスクを形成したウェハを用い、MOVPE装置により、SiドープGaNを開口部分に形成する。開口部形成後のMOVPE成長は、基板をホールドして、アンモニアガスを流しながら、一旦600℃で5分ホールドした後、GaNの成長温度である1080℃まで昇温し、30秒待機した後に成長を開始する。

## 【0033】

マスク開口部から成長させたGaN層は、その後、横方向成長し、マスクを介して隣接するGaN層と合体（以下この部分を会合部という）する。

こうしてGaN層が平坦化し、n-GaN層5が形成され、AlN多結晶3の形成されたマスクを備える半導体基板が形成される。AlN多結晶3の形成された箇所周辺のn-GaN層5には空隙が導入される。

## 【0034】

本実施例では、その後、ひきつづき半導体層の成長を行い、素子を形成する。まずSiドープn型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $1.2 \mu\text{m}$ ）からなるn型クラッド層6、Siドープn型GaN（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ ）からなるn型光閉じ込め層7、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N（厚さ4nm）井戸層とSiドープIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N（シリコン濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ6nm）バリア層からなる多重量子井戸（MQW）層8（井戸数3個）、Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nからなるキャップ層9、Mgドープp型GaN（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ ）からなるp型光閉じ込め層10、Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.5 \mu\text{m}$ ）からなるp型クラッド層11、Mgドープp型GaN（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ ）からなるp型コンタクト層12を順次成長させて、LD層構造を形成する。その後、通常の露光技術で〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成し、ドライエッチング法でエッチングを行い、リッジ13を形成する。その後、pコンタクト層側には、Ni/Pt/Auからなるp電極14を、n基板側にはTi/Alからなるn電極15を形成する。

## 【0035】

このようにSiO<sub>2</sub>マスク材の上に多結晶AlNを堆積させ、その後に選択成長を行ったウェハでは、マスク上の転位密度は非常に少なくなる。したがって〈11-20〉方向にある転位も減少し、その上部のレーザ構造を構成する層に存在する転位を低減することができる。

## 【0036】

## 実施例2

本実施例に係る半導体レーザの構造を図2に示す。

## 【0037】

この半導体レーザは以下のようにして作製することができる。まず、基板表面付近の転位密度が $5 \times 10^5 \text{ 個/cm}^2$ のGaN基板16上にSiO<sub>2</sub>膜17を堆積し、〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成する。マスク幅は $18 \mu\text{m}$ 、開口幅は $2 \mu\text{m}$ である。ウェットエッチング法により、開口部19で基板表面が露出するようにSiO<sub>2</sub>膜17をエッチングしてマスクを形成する。

## 【0038】

形成したマスクを、ブタノン、エタノールで超音波洗浄を行い、純水で洗浄する。その後、パフアードフッ酸で1secエッチングを行い、再び純水で洗浄後、100℃に保った硝酸で30分洗浄を行い、再び純水で洗浄後、窒素ブローでウェハを乾燥させる。

## 【0039】

上記のようにしてマスクを形成したウェハを、MOVPE装置において、Siドープn型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層18を開口部分に形成する。この時、SiO<sub>2</sub>マスク上にはAl

GaN多結晶材料が堆積されるような成長条件にする。すなわち、基板をホールドし、アンモニアガスを流しながら、AlGaNの成長温度である1080℃まで昇温し、シランを流しながら60秒待機した後に成長を開始する。こうすることにより、マスク上にはAlGaN多結晶材料が堆積される。AlGaN多結晶材料の周辺には空隙が導入される。

この段階で成膜室から基板を取り出し、窒化物半導体基板を得ることもできるが、本実施例ではひきつづき半導体層の成長を行い、素子を形成する。

#### 【0040】

基板温度を1050℃に設定し、横方向成長を行い、隣のAlGaN層と合体させ、平坦化を行い $n$ -Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nからなる $n$ クラッド（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ2  $\mu\text{m}$ ）層20を形成する。

#### 【0041】

その後、Siドープ $n$ 型GaN（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ）からなる $n$ 型光閉じ込め層21、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N（厚さ4 nm）井戸層とSiドープIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N（シリコン濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ6 nm）バリア層からなる多重量子井戸（MQW）層22（井戸数3個）、Mgドープ $p$ 型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nからなるキャップ層23、Mgドープ $p$ 型GaN（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ）からなる $p$ 型光閉じ込め層24、Mgドープ $p$ 型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.5  $\mu\text{m}$ ）からなる $p$ 型クラッド層25、Mgドープ $p$ 型GaN（Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ）からなる $p$ 型コンタクト層26を順次成長させて、LD層構造を形成する。その後、通常の露光技術で〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成し、ドライエッチング法でエッチングを行い、リッジ27を形成する。その後、 $p$ コンタクト層側には、Ni/Pt/Auからなる $p$ 電極28を、 $n$ 基板側にはTi/Alからなる $n$ 電極29を形成する。

#### 【0042】

このようにSiO<sub>2</sub>マスク材の上に多結晶AlGaNを成長時に堆積させ、その後に選択成長を行ったウェハでは、マスク上の転位密度は非常に少なくなる。したがって〈11-20〉方向にある転位も減少し、その上部のレーザ構造を構成する層に存在する転位を減らすことができる。

#### 【0043】

##### 実施例3

本実施例に係る半導体レーザの構造を図3に示す。この半導体レーザは以下のようにして作製することができる。まず、基板表面付近の転位密度が $5 \times 10^6$  個/ $\text{cm}^2$ のGaN基板30を用いて、SiO<sub>2</sub>膜31を堆積させ、〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成する。マスク幅は20  $\mu\text{m}$ 、開口幅は2  $\mu\text{m}$ である。ウェットエッチング法により、開口部32で基板表面が露出するようにSiO<sub>2</sub>膜31をエッチングする。上記マスクを形成したウェハを、MOVPE装置において、Siドープ $n$ 型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層33を開口部分に形成する。この時、SiO<sub>2</sub>マスク上にはAlGaN多結晶材料が堆積されるように500℃以上の基板温度に設定する。多結晶材料が好適に堆積するように、形成したマスクに対し実施例2と同様の処理を行う。これにより、マスク上にはAlGaN多結晶材料が堆積される。AlGaN多結晶材料の周辺には空隙が導入される。

この段階で成膜室から基板を取り出し、窒化物半導体基板を得ることもできるが、本実施例ではひきつづき半導体層の成長を行い、素子を形成する。

#### 【0044】

その後、基板温度を1050℃に設定し、横方向成長を行い、隣のAlGaN層と合体させ、平坦化を行い $n$ -AlGaN層34を形成している。その後、Siドープ $n$ 型In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ）中間層35、Siドープ $n$ 型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.8  $\mu\text{m}$ ）からなる $n$ 型クラッド層36、Siドープ $n$ 型GaN（シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ）からなる $n$ 型光閉じ込め層37、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N（

厚さ4 nm) 井戸層とSiドープIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N (シリコン濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  厚さ6 nm) バリア層からなる多重量子井戸(MQW)層38(井戸数3個)、Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N からなるキャップ層39、Mgドープp型GaN(Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ) からなるp型光閉じ込め層40、Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N(Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.5  $\mu\text{m}$ ) からなるp型クラッド層41、Mgドープp型GaN(Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ) からなるp型コンタクト層42を順次成長させて、LD層構造を形成する。

#### 【0045】

その後、通常の露光技術で〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成し、ドライエッチング法でエッチングを行い、リッジ43を形成する。その後、pコンタクト層側には、Ni/Pt/Auからなるp電極44を、n基板側にはTi/Alからなるn電極45を形成する。

#### 【0046】

このようにSiO<sub>2</sub>マスク材の上に多結晶AlGaNを成長時に堆積させ、その後に選択成長を行ったウェハでは、マスク上の転位密度は非常に少なくなる。したがって〈11-20〉方向にある転位も減少し、その上部のレーザ構造を構成する層に存在する転位を減らすことができる。

#### 【0047】

##### 実施例4

本実施例では、素子分離に利用する溝を選択成長で形成する場合の例を示す。本実施例に係る半導体レーザの構造を図4に示す。この半導体レーザは以下のようにして作製することができる。まず、基板表面付近の転位密度が $9 \times 10^6 \text{ 個/cm}^2$ のGaN基板46を用いて、SiO<sub>2</sub>膜47をCVD法により堆積する。その後、AlN多結晶48をスパッタリング法により堆積させ、〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成する。マスク幅は30  $\mu\text{m}$ 、開口幅は200  $\mu\text{m}$ である。

#### 【0048】

ここで、AlN多結晶48を形成するにあたり、以下の処理を行う。

#### 【0049】

(i) SiO<sub>2</sub>膜2を形成後、ブタノン、エタノールで超音波洗浄を行い、純水で洗浄後、バッファードフッ酸で1secエッチングを行い、再び純水で洗浄後、窒素ブローによりウェハを乾燥させる。

#### 【0050】

(ii) その後、スパッタ装置に挿入して、基板温度を50℃以上に保ち、AlNスパッタによる堆積を行う。

#### 【0051】

つづいてドライエッチング及びウェットエッチング法により、開口部49で基板表面が露出するようにAlN多結晶48及びSiO<sub>2</sub>膜47をエッチングする。上記マスクを形成したウェハを、MOVPE装置において、SiドープGaNを開口部分に形成した後、横方向成長を行い、隣のGaN層と合体させ、平坦化を行いn-GaN層50を形成する。

こうしてGaN層が平坦化し、n-GaN層50が形成され、AlN多結晶48の形成されたマスクを備える半導体基板が形成される。AlN多結晶48の形成された箇所周辺のn-GaN層50には空隙が導入される。

その後、Siドープn型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N(シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1.2  $\mu\text{m}$ ) からなるn型クラッド層51、Siドープn型GaN(シリコン濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ) からなるn型光閉じ込め層52、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N(厚さ4 nm) 井戸層とSiドープIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N(シリコン濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  厚さ6 nm) バリア層からなる多重量子井戸(MQW)層53(井戸数3個)、Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N からなるキャップ層54、Mgドープp型GaN(Mg濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ) からなるp型光閉じ込め層55、Mgドープ

p型  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  (Mg濃度  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $0.5 \mu\text{m}$ ) からなる p 型クラッド層 56、Mgドープ p 型  $\text{GaN}$  (Mg濃度  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$ ) からなる p 型コンタクト層 57 を順次成長させて、LD 層構造を形成する。その後、通常の露光技術で  $\langle 11-20 \rangle$  方向にレジストストライプマスクを形成し、ドライエッチング法でエッチングを行い、リッジ 58 を形成する。その後、p 側に  $\text{SiO}_2$  誘電体膜 91、 $\text{Ni/Pt/Au}$  からなる p 電極 59 を、n 基板側には  $\text{Ti/Al}$  からなる n 電極 60 を形成する。その後、分離溝の箇所で素子分離を行い半導体レーザ素子を得る。

#### 【0052】

このように  $\text{SiO}_2$  マスク材の上に多結晶  $\text{AlN}$  を堆積させ、その後に選択成長を行ったウェハでは、マスク上の転位密度は非常に少なくなる。したがって  $\langle 11-20 \rangle$  方向にある転位も減少し、その上部のレーザ構造を構成する層に存在する転位を減らすことができる。マスク材のある領域とデバイスを作製した領域は  $100 \mu\text{m}$  程度離れているが、一度転位が発生すると、層面内で転位が導入されるので、このような場合でも影響が大きい。実際、マスク上の多結晶層のないサンプルで平面 CL 像を観察すると、図 10 同様、平面内に転位が存在した。

#### 【0053】

##### 実施例 5

本実施例に係る半導体レーザの構造を図 5 に示す。この半導体レーザは以下のようにして作製することができる。基板表面付近の転位密度が  $2 \times 10^6$  個/ $\text{cm}^2$  の  $\text{GaN}$  基板 61 を用いて、 $\text{SiO}_2$  膜 62 を堆積させ、 $\langle 11-20 \rangle$  方向にレジストストライプマスクを形成する。マスク幅は  $40 \mu\text{m}$ 、開口幅は  $260 \mu\text{m}$  である。ウェットエッチング法により、開口部 64 で基板表面が露出するように  $\text{SiO}_2$  膜 62 をエッチングエッチングしてマスクを形成する。

#### 【0054】

形成したマスクを、ブタノン、エタノールで超音波洗浄を行い、純水で洗浄する。その後、バッファードフッ酸で 1 sec エッチングを行い、再び純水で洗浄後、 $100^\circ\text{C}$  に保った硝酸で 30 分洗浄を行い、再び純水で洗浄後、窒素ブローでウェハを乾燥させる。

#### 【0055】

上記マスクを形成したウェハを、MOVPE 装置において、 $\text{Si}$  ドープ n 型  $\text{Al}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$  (シリコン濃度  $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $2.5 \mu\text{m}$ ) からなるクラッド層 65 を開口部分に形成する。この時、 $\text{SiO}_2$  マスク上には  $\text{AlGaIn}$  多結晶 63 が堆積されるように基板温度など成長条件を設定する。すなわち、基板をホールドし、アンモニアガスを流しながら、 $\text{AlGaIn}$  の成長温度である  $1080^\circ\text{C}$  まで昇温し、シランを流しながら 60 秒待機した後に成長を開始する。これにより、マスク上に  $\text{AlGaIn}$  多結晶材料が堆積される。 $\text{AlGaIn}$  多結晶材料の周辺には空隙が導入される。

この段階で成膜室から基板を取り出し、窒化物半導体基板を得ることもできるが、本実施例ではひきつづき半導体層の成長を行い、素子を形成する。

#### 【0056】

その後、 $\text{Si}$  ドープ n 型  $\text{GaInN}$  (シリコン濃度  $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$ ) からなる n 型光閉じ込め層 66、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  (厚さ  $4 \text{ nm}$ ) 井戸層と  $\text{Si}$  ドープ  $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  (シリコン濃度  $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  厚さ  $6 \text{ nm}$ ) バリア層からなる多重量子井戸 (MQW) 層 67 (井戸数 3 個)、Mgドープ p 型  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  からなるキャップ層 68、Mgドープ p 型  $\text{GaInN}$  (Mg濃度  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$ ) からなる p 型光閉じ込め層 69、Mgドープ p 型  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  (Mg濃度  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $0.5 \mu\text{m}$ ) からなる p 型クラッド層 70、Mgドープ p 型  $\text{GaInN}$  (Mg濃度  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$ ) からなる p 型コンタクト層 71 を順次成長させて、LD 層構造を形成する。その後、通常の露光技術で  $\langle 11-20 \rangle$  方向にレジストストライプマスクを形成し、ドライエッチング法でエッチングを行い、リッジ 72 を形成する。その後、p コンタクト層側には、p 側に  $\text{SiO}_2$  誘電体膜 92 を堆積後、 $\text{Ni/Pt/Au}$  からなる p 電極 73 を、n 基板側には  $\text{Ti/Al}$  からなる n 電極

74を形成する。その後、分離溝の箇所で素子分離を行い半導体レーザ素子を得る。

このようにSiO<sub>2</sub>マスク材の上に多結晶AlGa<sub>0.95</sub>Nを成長時に堆積させ、その後を選択成長を行ったウェハでは、マスク上の転位密度は非常に少なくなる。したがって〈11-20〉方向にある転位も減少し、その上部のレーザ構造を構成する層に存在する転位を減らすことができる。マスク材のある領域とデバイスを作製して領域は、130μm程度離れているが、一度転位が発生すると、層面内で転位が導入されるので、このような場合でも影響が大きい。

#### 【0057】

##### 実施例6

本実施例に係る半導体レーザの構造を図6に示す。本実施例では、まず基板表面付近の転位密度が $9 \times 10^6$  個/cm<sup>2</sup>のGa<sub>0.95</sub>N基板75を用いて、SiO<sub>2</sub>膜76を堆積させ、〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成する。マスク幅は50μm、開口幅は300μmである。ウェットエッチング法により、開口部78で基板表面が露出するようにSiO<sub>2</sub>膜76をエッチングしてマスクを形成する。

#### 【0058】

形成したマスクを、ブタノン、エタノールで超音波洗浄を行い、純水で洗浄する。その後、バッファードフッ酸で1secエッチングを行い、再び純水で洗浄後、100℃に保った硝酸で30分洗浄を行い、再び純水で洗浄後、窒素ブローでウェハを乾燥させる。

#### 【0059】

上記のようにしてマスクを形成したウェハを、MOVPE装置において、Siドープn型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nを開口部分に形成する。この時、SiO<sub>2</sub>マスク上にはAlGa<sub>0.95</sub>N多結晶77が堆積されるように500℃以上の基板温度に設定する。具体的には、基板をホールドし、アンモニアガスを流しながら、AlGa<sub>0.95</sub>Nの成長温度である1080℃まで昇温し、シランを流しながら60秒待機した後に成長を開始する。これにより、マスク上にAlGa<sub>0.95</sub>N多結晶材料が堆積される。AlGa<sub>0.95</sub>N多結晶材料の周辺には空隙が導入される。

この段階で成膜室から基板を取り出し、窒化物半導体基板を得ることもできるが、本実施例ではひきつづき半導体層の成長を行い、素子を形成する。

#### 【0060】

その後、基板温度を1050℃に設定し、n-Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層79を形成しする。その後、Siドープn型In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N（シリコン濃度 $4 \times 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>、厚さ0.1μm）中間層80、Siドープn型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N（シリコン濃度 $4 \times 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>、厚さ0.8μm）からなるn型クラッド層81、Siドープn型Ga<sub>0.95</sub>N（シリコン濃度 $4 \times 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>、厚さ0.1μm）からなるn型光閉じ込め層82、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N（厚さ4nm）井戸層とSiドープIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N（シリコン濃度 $5 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>厚さ6nm）バリア層からなる多重量子井戸（MQW）層83（井戸数3個）、Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nからなるキャップ層84、Mgドープp型Ga<sub>0.95</sub>N（Mg濃度 $2 \times 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>、厚さ0.1μm）からなるp型光閉じ込め層85、Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N（Mg濃度 $2 \times 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>、厚さ0.5μm）からなるp型クラッド層86、Mgドープp型Ga<sub>0.95</sub>N（Mg濃度 $2 \times 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>、厚さ0.1μm）からなるp型コンタクト層87を順次成長させて、LD層構造を形成する。

#### 【0061】

その後、通常の露光技術で〈11-20〉方向にレジストストライプマスクを形成し、ドライエッチング法でエッチングを行い、リッジ88を形成する。その後、p側にSiO<sub>2</sub>誘電体膜93を堆積し、pコンタクト層側には、Ni/Pt/Auからなるp電極89を、n基板側にはTi/Alからなるn電極90を形成する。その後、分離溝の箇所で素子分離を行い半導体レーザ素子を得る。

#### 【0062】

このようにSiO<sub>2</sub>マスク材の上に多結晶AlGa<sub>0.95</sub>Nを成長時に堆積させ、その後を選

択成長を行ったウェハでは、マスク上の転位密度は非常に少なくなる。したがって〈11-20〉方向にある転位も減少し、その上部のレーザ構造を構成する層に存在する転位を減らすことができる。

#### 【0063】

以上、各実施例により説明したように、パターンニングされたマスク材 ( $\text{SiO}_2$  など) のウェハ上に窒化物半導体を成長する場合、マスク上に多結晶を形成することで、マスク上の転位密度は非常に少なくなる。したがって、マスクの応力などによって〈11-20〉方向に曲がるので転位も減少し、更に、〈11-20〉方向から層面内に曲がる転位も減少し、その上部のレーザ構造を構成する層に存在する転位を減らすことができる。また、実施例の中には、マスク上の多結晶を形成する方法として、成長装置を用いたものもあり、これらは、工程数を減らすなどの効果もある。

#### 【0064】

以上、図面を参照して本発明の一実施形態について述べたが、これは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

#### 【0065】

たとえば、上記実施例では、マスク材料として  $\text{SiO}_2$  を用いたが、 $\text{SiN}_x$ 、アルミナなど、別のマスク材を用いることができる。また、マスク形状は〈11-20〉方向のストライプパターンとしたが、四角、丸、六角形などの形状でも良い。

#### 【0066】

また、転位を減らす為に、マスク上に多結晶  $\text{AlGaIn}$  を形成したが、これに限られず、多結晶  $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) でも良い。

#### 【0067】

また、上記実施例では半導体レーザを例に説明したが、本発明は発光ダイオード等の他の発光素子にも適用することができ、さらに、受光素子や電子デバイスなどの素子にも適用可能である。

#### 【0068】

中間層は、上記実施例では  $\text{InGaIn}$  を用いたが、これに限られず、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) を用いることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0069】

【図1】実施例に係る半導体素子の断面図である。

【図2】実施例に係る半導体素子の断面図である。

【図3】実施例に係る半導体素子の断面図である。

【図4】実施例に係る半導体素子の断面図である。

【図5】実施例に係る半導体素子の断面図である。

【図6】実施例に係る半導体素子の断面図である。

【図7】従来の半導体素子の製造方法を示す工程断面図である。

【図8】低転位基板を用い、その上でマスク開口部から半導体層を成長させて得られる層構造を示す図である。

【図9】図8に示した構造について断面カソードルミネッセンス (CL) 像を観察した結果を示す図である。

【図10】図8に示した構造について平面カソードルミネッセンス (CL) 像を観察した結果を示す図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0070】

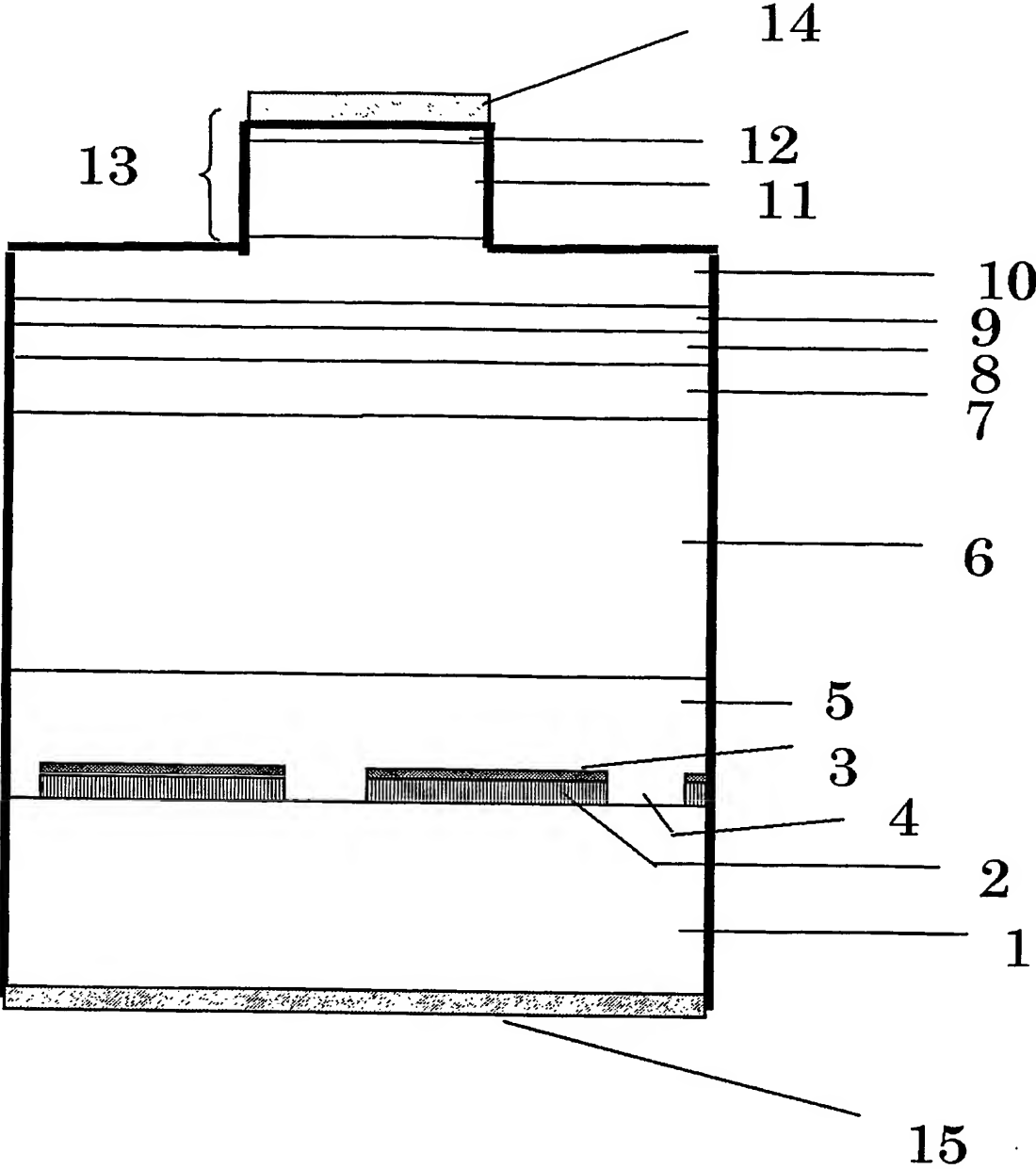
- 1 GaN基板
- 2  $\text{SiO}_2$  膜
- 3 AlN多結晶
- 5 n-GaN層
- 6 n型クラッド層

- 7 n型光閉じ込め層
- 8 多重量子井戸 (MQW) 層
- 9 キャップ層
- 10 p型光閉じ込め層
- 11 p型クラッド層
- 12 p型コンタクト層
- 13 リッジ
- 14 p電極
- 15 n電極
- 16 GaN基板
- 17 SiO<sub>2</sub> 膜
- 19 開口部
- 17 SiO<sub>2</sub> 膜
- 20 nクラッド層
- 21 n型光閉じ込め層
- 22 多重量子井戸 (MQW) 層
- 23 キャップ層
- 24 p型光閉じ込め層
- 25 p型クラッド層
- 26 p型コンタクト層
- 27 リッジ
- 28 p電極
- 29 n電極
- 30 GaN基板
- 31 SiO<sub>2</sub> 膜
- 32 開口部
- 34 n-AlGaIn層
- 35 中間層
- 36 n型クラッド層
- 37 n型光閉じ込め層
- 38 多重量子井戸 (MQW) 層
- 39 キャップ層
- 40 p型光閉じ込め層
- 41 p型クラッド層
- 42 p型コンタクト層
- 43 リッジ
- 44 p電極
- 45 n電極
- 46 GaN基板
- 47 SiO<sub>2</sub> 膜
- 48 AlN多結晶
- 49 開口部
- 50 n-GaN層
- 51 n型クラッド層
- 52 n型光閉じ込め層
- 53 多重量子井戸 (MQW) 層
- 54 キャップ層
- 55 p型光閉じ込め層
- 56 p型クラッド層
- 57 p型コンタクト層

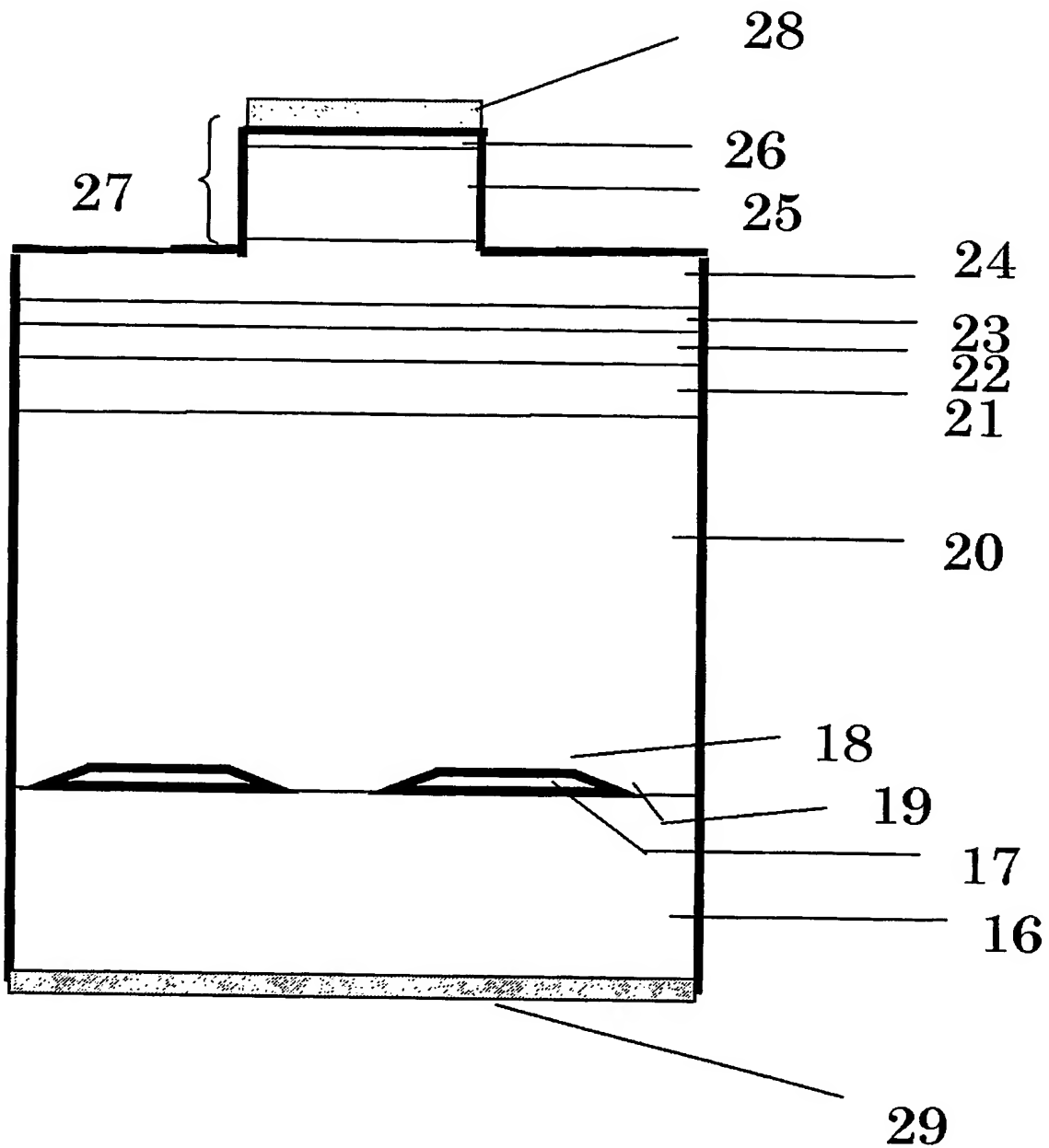
58 リッジ  
91 SiO<sub>2</sub> 誘電体膜  
59 p電極  
60 n電極  
61 GaN基板  
62 SiO<sub>2</sub> 膜  
64 開口部  
65 クラッド層  
63 AlGaN多結晶  
66 n型光閉じ込め層  
67 多重量子井戸 (MQW) 層  
68 キャップ層  
69 p型光閉じ込め層  
70 p型クラッド層  
71 p型コンタクト層  
72 リッジ  
73 p電極  
74 n電極  
75 GaN基板  
76 SiO<sub>2</sub> 膜  
78 開口部  
77 AlGaN多結晶  
79 n-Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層  
80 中間層  
81 n型クラッド層  
82 n型光閉じ込め層  
83 多重量子井戸 (MQW) 層  
84 キャップ層  
85 p型光閉じ込め層  
86 p型クラッド層  
87 p型コンタクト層  
88 リッジ  
89 p電極  
90 n電極



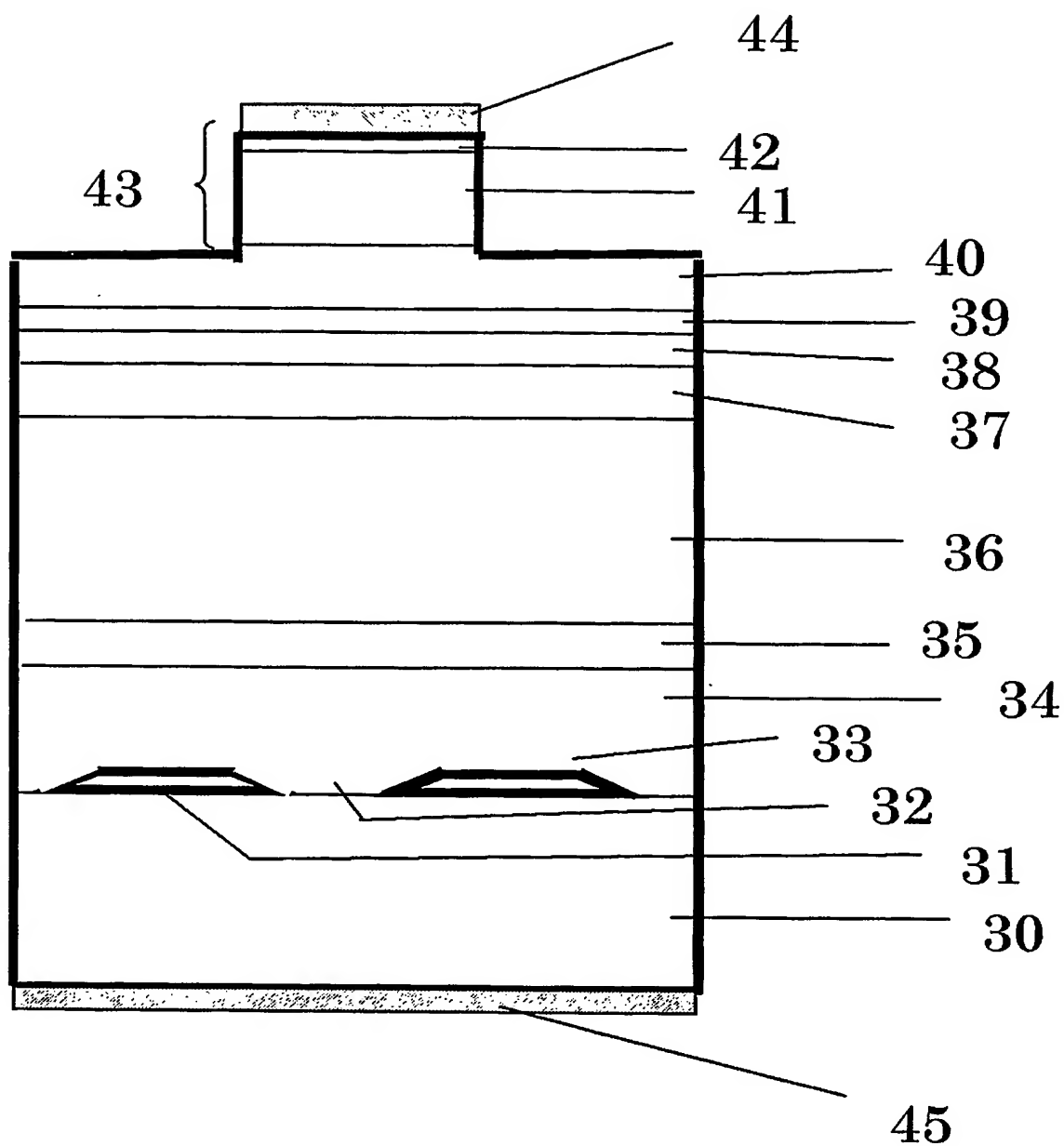
【書類名】 図面  
【図 1】



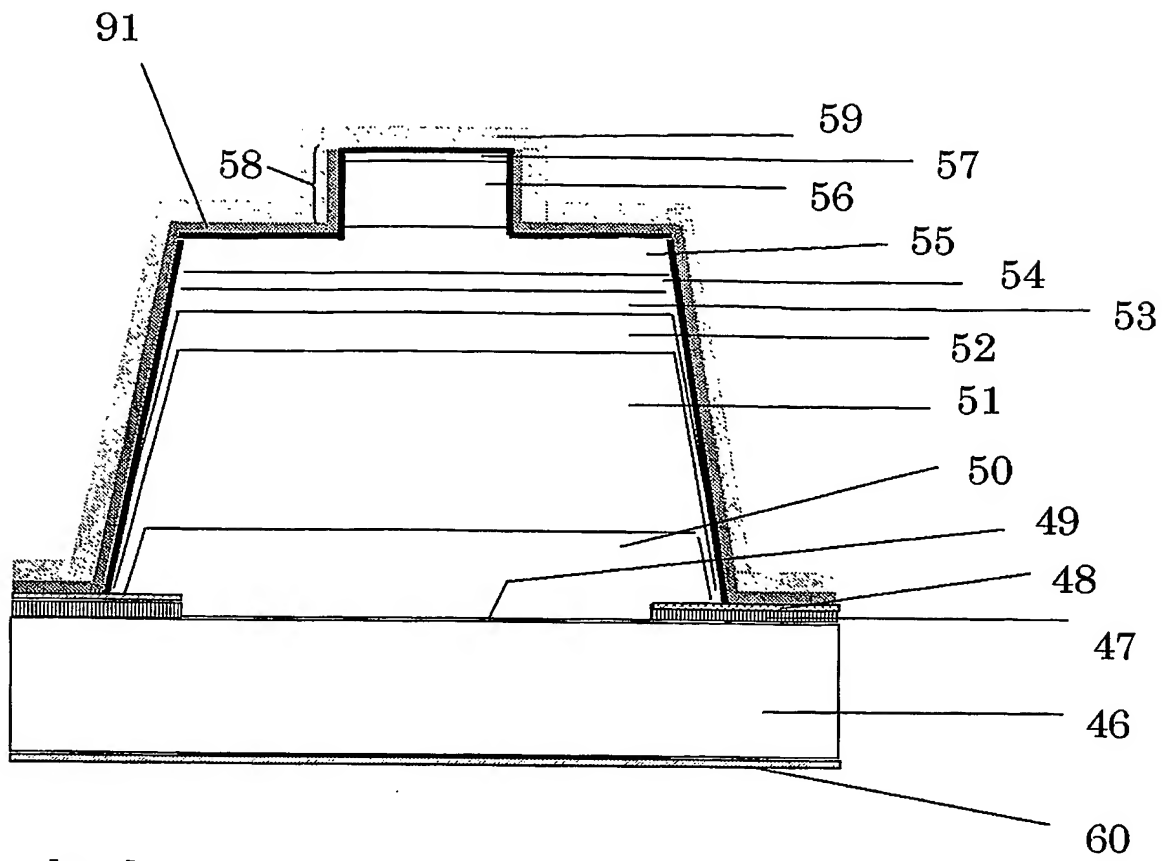
【図 2】



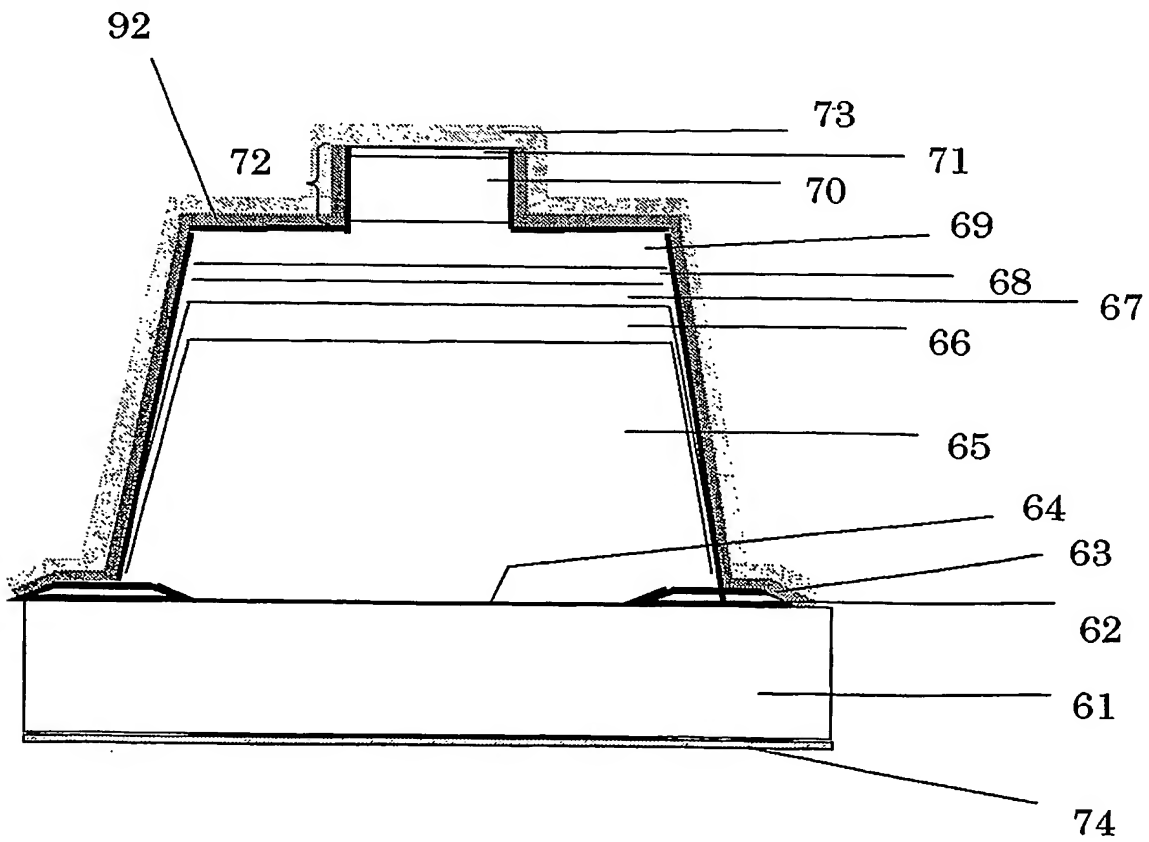
【図 3】



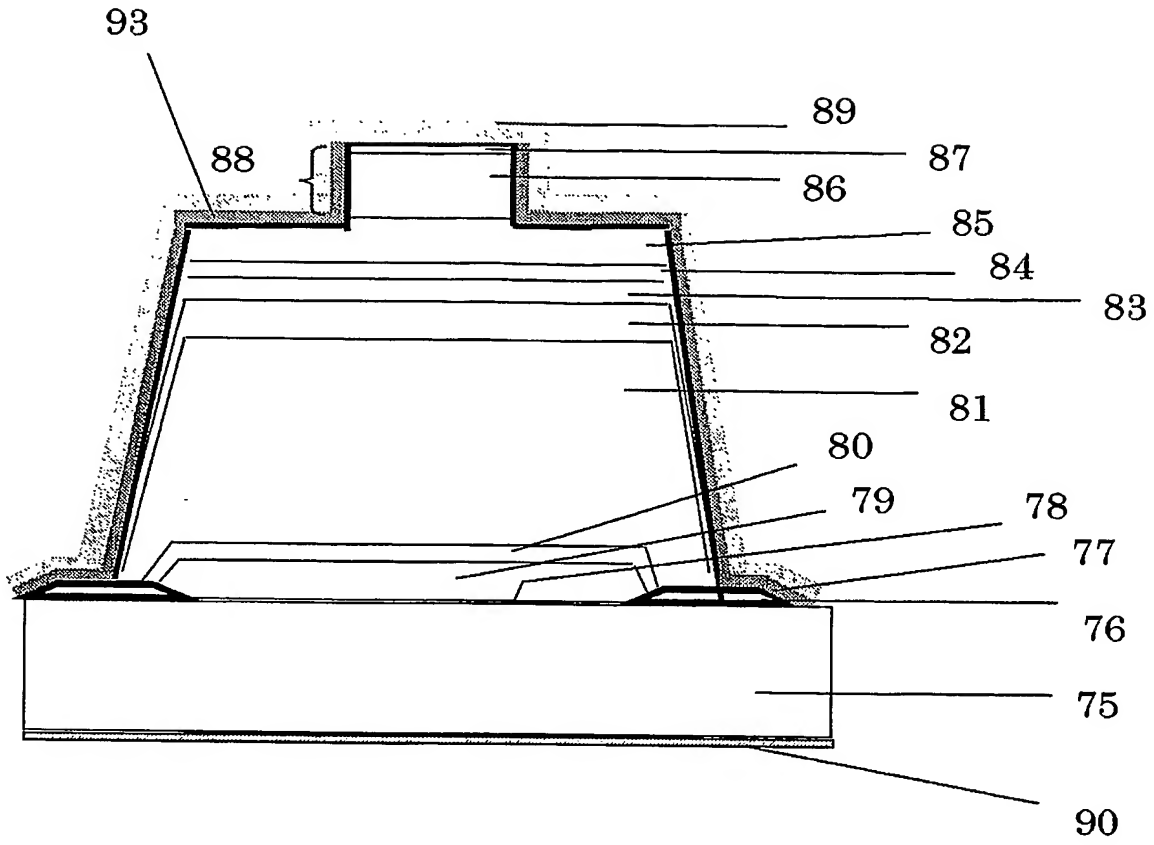
【図 4】



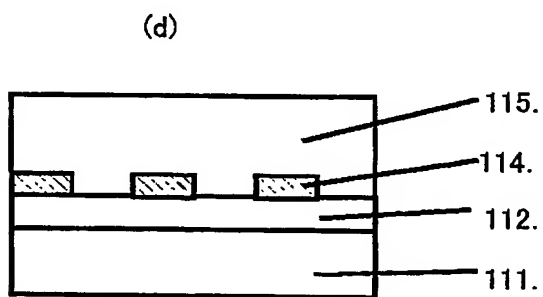
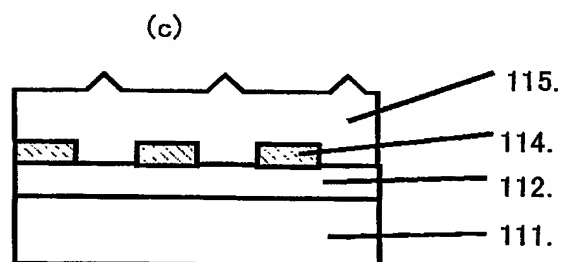
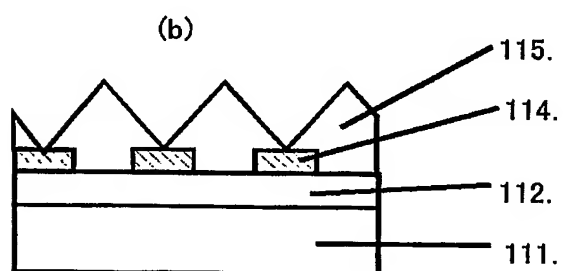
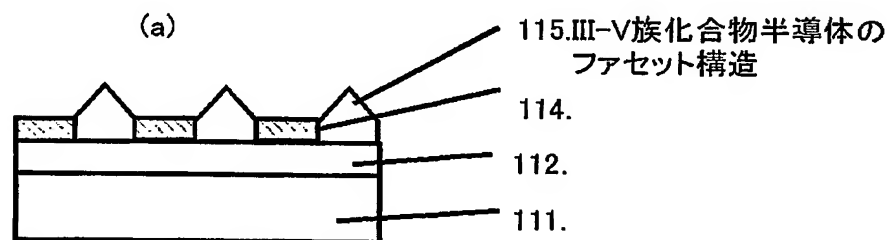
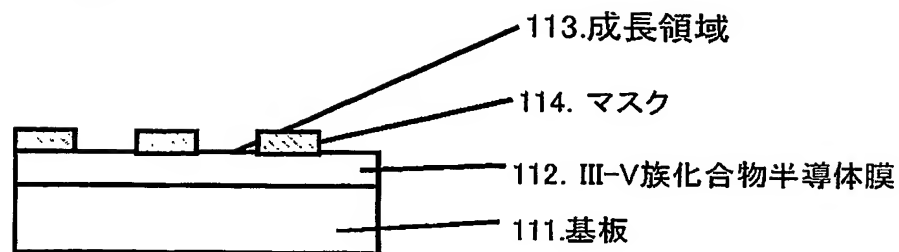
【図 5】



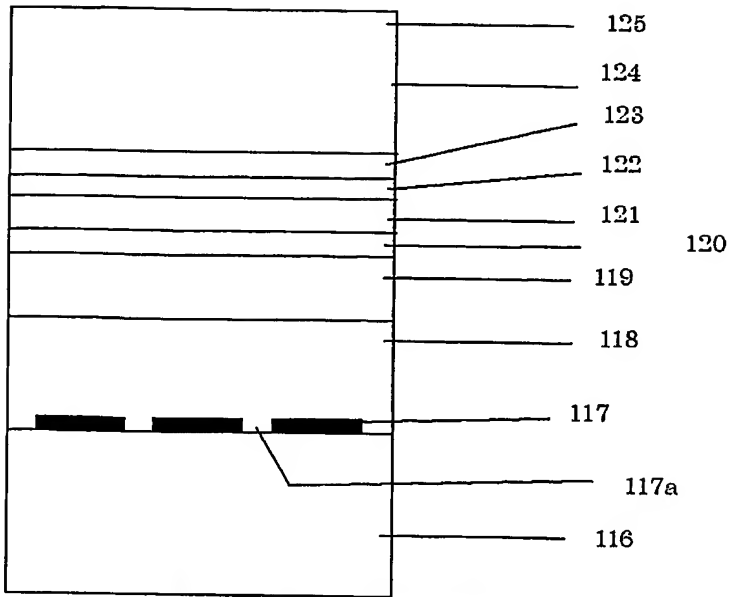
【図 6】



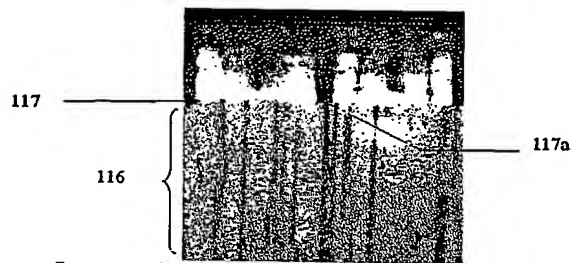
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

〈11-20〉 方向



〈1-100〉 方向

## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】転位の低減された良好な品質のIII族窒化物半導体層を備えた基板あるいは素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 $\text{SiO}_2$  膜 2 の表面に  $\text{AlN}$  多結晶 3 をスパッタリング法により堆積させ、マスクを形成する。次いで、このマスクを形成した上に  $\text{Si}$  ドープ  $n$ - $\text{GaN}$  層 5 を形成する。その後、 $\text{Si}$  ドープ  $n$  型  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  (シリコン濃度  $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $1.2 \mu\text{m}$ ) からなる  $n$  型クラッド層 6、 $\text{Si}$  ドープ  $n$  型  $\text{GaN}$  からなる  $n$  型光閉じ込め層 7、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  井戸層と  $\text{Si}$  ドープ  $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  バリア層からなる多重量子井戸層 8、 $\text{Mg}$  ドープ  $p$  型  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  からなるキャップ層 9、 $\text{Mg}$  ドープ  $p$  型  $\text{GaN}$  からなる  $p$  型光閉じ込め層 10、 $\text{Mg}$  ドープ  $p$  型  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  からなる  $p$  型クラッド層 11、 $\text{Mg}$  ドープ  $p$  型  $\text{GaN}$  からなる  $p$  型コンタクト層 12 を順次成長させて、LD 層構造を形成する。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 3 0 8 1 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社